©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Studien über den Blutkreislauf der Niere.

(Mit 3 Tafeln.)

Von **Eugen Steinach,**
stud. med.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Mit Untersuchung physiologischer Verhältnisse in der Niere beschäftigt, hatte ich bei verschiedenen Injectionen der Blutgefässe Gelegenheit, auf Eigenthümlichkeiten zu stossen, die mich zu einem eingehenderen Studium des Blutkreislaufs in diesem Organe veranlassten.

Für die Injectionen in die Nierengefässe, die ich in Folgendem beschreiben werde, wählte ich ausschliesslich gesunde menschliche Nieren, von welchen mir der grössere Theil in möglichst frischem Zustande aus dem hiesigen gerichtlich-medicinischen Institute zuging.

Ich beabsichtigte, dass bei der ersten Versuchsreihe, den arteriellen Injectionen, die Masse nicht weiter als in die Glomeruli vordringe. Zu diesem Zwecke zerrieb ich in Brocken käufliches Chromgelb zu einem ziemlich feinkörnigen Pulver, schaffte aus demselben die kleineren Partikelchen durch mehrmaliges Schlemmen fort und mengte in den rückständigen, dickflüssigen Brei eine filtrirte Leimlösung. Diese nun dünnflüssige Masse injicirte ich mit mässigem Drucke in die Arterien von Nieren, welche durch eine halbe Stunde vorgewärmt waren; härtete in 95% Alkohol und unterzog nur die vollkommen extravasatfreien Präparate der Untersuchung. Die angefertigten Schnitte wurden in Nelkenöl gelegt, bis sie vollkommen durchsichtig geworden, alsdann in einer Mischung von Nelkenöl und Mastix, worin sie sich gut conserviren, eingeschlossen. Dadurch, dass ich grosse Serien fortlaufender Schnitte anlegte, die ich der Reihe nach numerirte, ward es mir leicht, einen klaren Überblick über ausgebreitete Gefässverästelungen zu gewinnen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ich fand die Glomeruli nur zum geringeren Theile vollkommen, in der weit grösseren Anzahl nur einzelne ihrer Schlingen gefüllt. Nirgends waren Vasa efferentia injicirt und ich konnte dieses Ergebniss an hunderten von Schnitten, die ich aus vielen so eingespritzten Nieren herstellte, bestätigen. Der der Grenzschichte nähere Theil der Pyramiden war reichlich gefüllt. Die zahlreichen gestreckten Gefässe strahlten in leicht welligem Verlaufe theils vereinzelt, theils einander parallel zu dichtgedrängten Bündeln oder Büscheln vereinigt in die Marksubstanz ein.

Wenn auch die Menge der letzteren einigermassen auffiel, so lag beim ersten Anblick doch nichts Befremdendes in diesen Bildern, nachdem die Ansicht Virchow's [1], als stammten Vasa recta aus knäueltragenden Ästen, ziemlich allgemeine Anerkennung, sowie Aufnahme in die verschiedenen Lehrbücher gefunden hat. Die Untersuchung der Schnittserien bestärkte jedoch den Verdacht, dass die Streitfrage bezüglich der hier herrschenden Gefässverhältnisse noch immer nicht befriedigend entschieden sei.

Es gelang mir nämlich in keinem einzigen Falle, den Zusammenhang eines gestreckten Markgefässes, oder eines sich aus solchen Büscheln zusammensetzenden Stämmchens mit einer knäueltragenden Arterie zu constatiren. Bald sah man die Vasa recta an der Grenze zwischen Rinde und Mark abgeschnitten, bald mündeten sie in Gefässe, welche entsprechend der Verlaufsrichtung der Arcus über die Basalfläche der Pyramiden hinzogen oder da die arteriellen Bogenstücke begleiteten. Ganz besonders ausgesprochen und immer wiederkehrend zeigte sich das letztere Verhalten. Die Arcus arteriosi an der Grenzschichte waren prall gefüllt, leicht gekrümmten, cylindrischen Röhrchen vergleichbar, ihre Wandung gespannt, glatt. Mit wesentlich anderem Habitus erschienen die begleitenden Gefässe; bei der durchschnittlich unvollkommeneren Injection war oftmals ihr Verlauf blos vorgezeichnet durch brockig krümmelige Masse, die lose zusammenhängend in ihren Lumina sich vorfand; ihre Wan-

[1] Virchow, Archiv für patholog. Anatomie 1857. XII. Bd. Neue Folge 2, pag. 316.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dungen gaben der eindringenden Füllung viel mehr nach, buchteten sich überall aus und blieben rauh und höckerig. Hier folgten sie den Arterien in parallelem Zuge, dort schlängelten sie sich dicht an der Adventitia derselben herum, von der einen Seite zur andern, wie Epheuranken um einen Baumstamm, unterwegs zahlreiche gestreckte Zweigchen ins Mark schickend. Es wiederholte sich fort und fort in mannigfaltiger Form dasselbe Bild, bei auffallendem Lichte in deutlichstem Relief, so dass bei jedem gleich der strenge Unterschied zwischen umspinnendem und umsponnenem Gefäss stets ins Auge sprang.

Auch Virchow beschreibt und zeichnet (Taf. XI, Fig. 5, *B*) in seiner oben citirten Abhandlung „horizontal" verlaufende Gefässe, „die nur Arteriolae rectae abzugeben scheinen;" lässt selbe jedoch aus den Arterien, mit welchen sie parallel ziehen, entspringen.

Ich konnte nirgends eine solche Einmündung oder einen Austritt aus einem knäueltragenden Gefässe beobachten.

Ein ganz ähnlicher Eindruck, wie ihn die Gefässe in ihrem abweichenden Aussehen und in den Verhältnissen zu einander hier an der Grenze von Mark und Rinde boten, drängte sich nun in denselben Schnitten bei Beobachtung der Corticalis auf. Auch hier kletterten in einem Schnitte seltener, im andern häufiger, locker injicirte, rauhwandige, knorrige Ästchen die knäueltragenden Arterien hinan, flochten sich windenartig um dieselben herum und lösten sich direct in ein Zweigwerk auf, das an der Arterienwand emporkroch oder in der Substanz sich verlor. Zuweilen trug diese directe Auflösung einen eigenthümlichen Character. Es schien das begleitende Gefäss plötzlich in wirre Krausen zerfallen, aus lauter kleinen, kurzen Reisern bestehend, als wäre die aalglatte Arterie mit ihren ebenso rundlichen Vasa afferentia überschüttet mit struppigem Laubmoos.

Auch in der Rinde fanden sich also zweierlei wesentlich verschiedene Gefässarten von der Nierenarterie aus injicirt, deren gegenseitiges Verhalten hier und in der Grenzschicht sich analog erwies. Da und dort knäueltragende Stämmchen und Gefässe mit jenem auffallenden Gepräge. Durch den bezeichnenden Character beider an und für sich, wie auch durch den Umstand, dass ihr Verlauf durch eine längere Strecke zur Beobachtung

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kam, war die Untersuchung in der Corticalis bedeutend leichter als an der Basis der Pyramiden.

Trotzdem sah ich nie solch' ein begleitendes Gefäss irgendwo aus einer Arteria glomerulifera oder einem Arcus arteriosus hervorkommen. Ihr Ursprung blieb in jenem Zeitpunkte noch im Dunkeln, im Bereiche der Vermuthung.

Bevor ich zu den Fortschritten einer weiteren Versuchsreihe übergehe, möchte ich eine kurze Übersicht der unterschiedlichen Resultate jener Autoren voraussenden, die sich mit der vorliegenden Controverse über die „directen arteriellen Zuflüsse" des Capillarsystems eingehend beschäftigt haben. All' die positiven und negativen Angaben weisen freilich darauf hin, dass den einzelnen Fachmännern verschiedene Injectionsergebnisse vorlagen, nach denen sie ihre Auffassungen richteten und ihre Gesetze aufstellten. Doch blieb es noch immer unerklärt, wieso die Forscher bei ihren regelrechten Einspritzungen Befunde erzielten so widersprechender Art, dass der Eine das rundweg leugnete, was der Andere beschrieb. Hiebei mussten wesentlichere Gründe herrschen als die blos zufälligen Schwankungen, denen man in einzelnen Fällen selbst bei Injectionen von Nieren derselben Thierspecies mit denselben Massen begegnet, — Gründe, welche die Möglichkeit dieser Widersprüche in sich bedingen.

1. Im Hilus entspringt aus der Art. renalis das ernährende Gefäss des Nierenbeckens, die Art. nutritia pelvis Hyrtl's, und in den oberflächlichsten Zonen der Corticalis senden einige Art. glomeruliferae, welche sich nicht vollständig in die Vasa efferentia der Glomeruli auflösen, als äusserste Enden Rami capsulares (Kölliker, Ludwig) zur Kapsel, auf welchem Wege letztere mit den Ausläufern der Nebennieren- und Lumbalarterien anastomosiren.

2. Ausser solchen unzweifelhaften aber untergeordneten, unmittelbaren Übergängen ins Capillarsystem beschreiben Arnold und Virchow (s. oben) directe arterielle Zuflüsse in die Marksubstanz.

Nach Virchow wird die Medullaris menschlicher Nieren versorgt von Arteriolae rectae spuriae (theils Vasa efferentia der untersten Glomeruli, theils Capillarausläufer des corticalen Maschennetzes) und der Hauptsache nach von Arteriolae rectae

verae, die schnell in grosse Quasten und Büschel zerfallend jene typischen Bilder injicirter Pyramiden darbieten. Sie sollen aus Stämmchen entspringen, von welchen immer zugleich knäueltragende Äste zur Rinde abgehen. Ihre Verbreitung ist nach Virchow eine ausgedehnte, allgemeine; nach Beale[1] u. A. hingegen, welche die Virchow'schen Angaben geprüft haben, nur eine spärliche.

Anderseits kennt Virchow in der Corticalsubstanz keine sich direct auflösenden Arterien und hält daher ein Vorkommen, wie es von andern gleich zu erwähnenden Autoren geschildert wird, für blos zufällig und bedeutungslos.

3. Als directe arterielle Zuflüsse zur Mark- und Rindensubstanz erklärt schon R. M'Donnel[2] Gefässe, von denen er sagt: „elles (les branches) donnent quelques petits rameaux, qui fournissent des capillaires aux tubes droits des reines et se perdent sur la limite entre les portions corticales et medullaires dans de petits vaisseaux, dont une petite partie seulement passe dans le système capillaire de l'écorce, tandisque la plus grande partie passe dans les corpuscules de Malpighi."

Schweigger—Seidel[3] bestätigt nicht allein wie Colberg[4], Steudener,[5] Ludwig,[6] Heidenhain[7], die Virchow-schen Anschauungen über die Arteriolae rectae verae, sondern glaubt das Gesetz vertreten zu können, dass das Blut, welches die Capillaren der Niere durchströmt, im Mark und in der Rinde zum Theil „direct aus der Nierenarterie" herrührt, nachdem ihm

---

[1] Beale, Archiv of medecine IV. (citirt nach Kölliker, Gewebe lehre.)

[2] Donnel, Glascow Journal medical 1854, (citirt nach Isaaks, Journal d. l. physiologie. I. 1858.)

[3] Schweigger — Seidel, die Nieren der Menschen und Säuger. Halle 1865.

[4] Colberg, Allg. mediz. Centralzeitung 1863, Nr. 48 u. 49 (citirt nach Kölliker, Gewebelehre.)

[5] Steudener, Nonnulla de penitiore renum structura pag. 24. Halle 1864.

[6] Ludwig, Stricker's Gewebelehre 1871. I. B. pag. 502.

Heidenhain, Hermann's Handb. d. Physiologie. V. Bd., 1. Theil, (Absonderungsvorgänge) p. 292.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

die Darstellung solcher unmittelbar sich verzweigender Arterien (beim Menschen) in den peripherischen ebenso wie in den tiefen Rindenschichten gelungen.

Zu diesen Ramificationen rechnet Schweigger—Seidel auch kleinste Zweigchen einzelner Vasa afferentia (bei Säugernieren), die schon Toynbee und Isaaks[1] erwähnen. Ludwig[2] betont die Seltenheit ihres Vorkommens; denn nur „einzelne dieser sehr zahlreichen Vasa afferentia geben, bevor sie zum kugeligen Ende des Harnkanales gelangen, einen sehr feinen Zweig ab, der sich sogleich in Haargefässe auflöst."

Die ausgiebigste Antwort auf unsere Frage gibt freilich Chrzonszewsky,[3] der nach unvollkommenen, arteriellen Injectionen Stämmchen gefüllt sah (Taf. VII, Fig. 1 seiner Abhandlung), die sowohl Vasa recta ins Mark als auch directe Verästelungen zur Rinde abgaben. Aus diesem Befunde schliesst Chrzonszewsky: „Es gibt also ein besonderes System von Blutgefässen, welche Glomeruli an sich nicht tragen und in beiden Substanzen sich verbreiten. Diese Gefässe können als die eigentlichen Ernährungsgefässe der Niere betrachtet werden."

4. Im grellsten Gegensatz zu den aufgezählten positiven Angaben stehen die durchaus negativen Resultate Bowmann's,[4] Hyrtls,[5] Köllikers[6] u. A., die auf Grund ihrer Injectionsergebnisse sich dahin einigen, dass alle Äste der Art. renalis, die Nutritia pelvis und die Rami capsulares abgerechnet, „ganz in der Bildung der Gefässknäuel aufgehen."

Meine Erfahrungen in dieser Frage konnte ich füglich weder mit der einen, noch mit der andern Ansicht in Einklang bringen. Mit den Vertretern der Ersten (Punkt 2 und 3) stimmten sie in

---

[1] Isaaks, Journal d. l. physiologie p. Brown—Séquard. Tom. I, pag. 583, 1858.

[2] Ludwig, Stricker's Gewebelehre. I. pag. 500.

[3] Chrzonszewsky, Virchow's Archiv f. pathologische Anatomie. Bd. XXXI; dritte Folge. I. Bd. 1864.

[4] Bowmann, Philosoph Transact. I. pag. 61, 1842.

[5] Hyrtl, Diese Berichte. XLVII (I) 1863.

[6] Kölliker, Gewebelehre, zweite Auflage, p. 506, 1867.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der einzigen Thatsache, dass sich von der Nierenarterie aus zweierlei Arten von Gefässen injiciren lassen: solche, die Glomeruli tragen, und solche, die Glomeruli nicht tragen. Die Vermuthungen, dass bei meinen Injectionen dieses zweite Gefässsystem nichts anderes als das Venensystem sei, wurden durch eine weitere Reihe von Versuchen zur Gewissheit.

Nach zahlreichen arteriellen Einspritzungen mit derselben groben Chromgelbmasse stellte ich ein reichliches Materiale zusammen, aus welchem ich diesmal eine grosse Anzahl sehr dicker Schnitte aller Nierenpartien verfertigte. Nun hatte ich Gelegenheit, neben knäueltragenden Arterien Venen in allen Graden unvollkommener Injection zu beobachten. In Präparaten, worin die Venen bis zu ihren feineren Verästelungen gefüllt waren, begegnete man Bildern, wie sie im Früheren geschildert sind. Jetzt sah man aber in vielen günstigen Fällen die Gefässbüschel des Marks an der Grenze in Zusammenhang mit bogenförmigen Stämmchen, den Arcus venosi, welche mit den Arcus arteriosi zum Theil parallel liefen und zugleich aus der Rindensubstanz jene als begleitende Gefässe bezeichneten Venenäste sammelten.

Ein solches Bild ist in Taf. I. Fig. 1 treu nach der Natur dargestellt. *a* ein Arcus venosus, an seiner dicksten Stelle 0·64 Mm. messend, erhält sowohl aus der Marksubstanz einen Hauptast *c*, der sich aus Gefässbüscheln *g* und aus einzelnen Venulae rectae *e* zusammensetzt, als auch aus der Rinde zwei starke, sich dendritisch verzweigende Äste *d*, von denen der zweite die Arterie *b* umrankt und mit seinen Zweigen umklammert. Das äussere verschiedenartige Gepräge der beiden Gefässe, welches sich bis zu den letzten Endramificationen verfolgen lässt, ist auch hier wie in allen anderen Präparaten deutlich sichtbar. Die Wandung der Arterie gerundet, glatt, wie polirt; die Wandung der Vene rauh, verzerrt, wie verwittert. So injicirte Venen waren im Nierenparenchym durchaus nicht so gleichmässig vertheilt, wie das etwa nach venösen Injectionen zu geschehen pflegt. Hier fanden sie sich in gleicher Anzahl wie die gefüllten Arterien, dort kletterten sie sehr vereinzelt an den Art. glomeruliferae hinan, beziehungsweise hinab und verloren sich zwischen den Malpighischen Knäueln. Bald waren nur dicke Venen-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

stämmchen injicirt, die zwischen den Pyramiden den Arterien entlang zogen, nebst ihren grössten Fortsetzungen zur Marksubstanz und Corticalis; bald waren es nur die dünnen Venulae rectae und schmalen Venenzweigchen der Rinde. Unter dem grossen Materiale, das ich verarbeitete, traf ich auch unter andern eine Niere, deren arterielles Gefässsystem in erwünschter Weise gefüllt war, d. h. die Masse war nur in die Glomeruli vorgedrungen, während die Vasa efferentia frei blieben. Von Venen war in der Corticalis derselben gar nichts wahrzunehmen; nur in den Columnae Bertini und an der Grenzschichte verliefen in mehreren Schnitten neben grösseren Arterien breite Venenstämmchen, in deren Lumen streckenweise bröckeliges Chromgelb lag und von denen aus nur spärliche Venulae rectae des Marks injicirt waren.

Aus diesen vielfältigen Schwankungen, denen ich in den Ergebnissen meiner Injectionen begegnete, liess sich nur die eine Regel constatiren, dass von der Art. renalis aus sich die Venen der Grenzschichte und der Pyramiden am leichtesten füllen lassen. War in letzteren Partien reichlich Masse, so konnte man in allen Fällen auch Venen in der Corticalis injicirt finden, während sie hier meist fehlten bei mangelhafter Füllung der Pyramiden.

Die Gründe, die mich bestimmten, alle die beschriebenen Ramificationen, die keine Glomeruli trugen, für Venen zu erklären, waren folgende:

Erstens waren alle diese Gefässe im Vergleiche mit Arterien von gleichem Caliber in ähnlicher Weise dünnwandig, wie es die Venen den Arterien gegenüber zu sein pflegen. (Vergl. Taf. III, Fig. 3 *a*.)

Zweitens zeigte schon das äussere Ansehen, die mehrerwähnte rauhe, höckerige Oberfläche, dass die Wand viel weicher, ausdehnsamer sei, als die der Arterien.

Drittens habe ich bei genauer Untersuchung dieser Gefässwände nichts von der characteristischen Structur arterieller Wandungen finden können.

Ein vierter Grund ergab sich aus den Resultaten des nachstehenden, oft wiederholten Versuches. Ich injicirte Nieren durch die Arterien mit der Chromgelb-Leimmasse, liess die Organe erkalten

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und injicirte nach zwei Stunden Berlinerblau durch die Venen. Hievon erhielt ich Präparate, die sich verhielten, wie Taf. II. Fig. 2 zeigt. Wiederum zweierlei Gefässe in dem geschilderten Verhältniss zu einander, mit dem verschiedenen Character; wieder waren die Venenbüschel des Marks durch die arterielle Injection besser gefüllt als die Venen der Rinde, wo nur noch im gröberen Geäste Chromgelb lag. Diese mangelhafte, gelbe Füllung wurde corrigirt durch das Berlinerblau. In den venösen Lumina mischten sich die Farben der zwei begegnenden Massen da und dort zu Grün, von wo aus sich die Ramification und deren capillare Ausläufer in Blau anschlossen. Durch das Erkalten erstarrte der Leim der ersten Einspritzung und zog sich etwas zusammen, so dass zwischen dem Chromgelbabguss und der Wandung der Gefässe eine enge Kluft frei wurde, durch welche sich bei den Venen das Berlinerblau vorschob. Durch diesen Vorgang erschienen daher vom Hilus bis zur Peripherie alle Venen, in denen überhaupt Chromgelb lag, bald schmäler bald breiter blau gerändert. Auf ihrem Durchschnitte sah man zu innerst die gelbe Masse, um diese den blauen Reif, ganz aussen die Wandung. Die Arterien waren durchaus gelb: Nie fand sich in ihnen die blaue Randzone, welche nothwendig in dem einen oder dem andern Falle sich hätte bilden müssen, wenn die knäueltragenden Äste durch nutritive Zweige mit dem Capillarsystem in directem Zusammenhang stünden. [1]

Ebenso ergab sich aus einer weiteren Versuchsreihe ein letzter Grund. Diesmal injicirte ich zuerst die Venen und zwar wählte ich auch hiezu eine gröbere Zinnober-Leimmasse, um zu verhüten, dass das Capillarsystem sich füllte und auf diesem Wege etwaige nutritive Gefässe mit derselben Masse injicirt würden. Nach einigen Stunden spritzte ich in die Arterien dieser Nieren Chromgelb ein. Bei der Untersuchung fand sich das Parenchym durchsetzt von zahllosen rothen Venen; die Pyramiden

[1] Gelegentlich dieses Versuches möchte ich die Bemerkung beifügen, dass es mir nicht gelang, von der Vene aus auch feinste Injectionsmasse (Berlinerblau) durch das Capillarnetz in die Glomeruli hineinzutreiqen; eine Erfahrung, die mit den Angaben Hyrtl's und aller anderen Injectoren — Chrszonzewsky allein ausgenommen — vollends übereinstimmt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

schienen wie roth schraffirt, indess die Venen der Rinde die ebenso zahlreichen gelben Arterien begleiteten. Niemals sah man aber gelbe Vasa recta im Mark, niemals gelbe dendritische Ramificationen in der Corticalis. Also bei der zweiten arteriellen Injection füllten sich immer nur Art. glomeruliferae, nachdem die Venen schon voll waren.

Eine andere Beobachtung hingegen, auf die ich noch zu sprechen komme, hatte ich bei diesen Versuchen zu machen Gelegenheit. Wiederum zeigten sich auf den Venendurchschnitten Reife, welche die Farbe der zweitangewendeten Masse trugen; aber diese Reife waren von wesentlicherer Bedeutung und von ganz verschiedener Natur. Während bei der Chromgelb-Berlinerblauinjection die blaue Randzone in den Venen nach einer venösen Einspritzung entstand, trat hier der gelbe Ring zwischen der Wand und der rothen Füllung grösserer Venen nach einer arteriellen Einspritzung auf. Hier musste also die gelbe Masse vermuthlich auf denselben Wegen von den Arterien in die Venen übergegangen sein, auf welchen sie auch früher bei den einfachen arteriellen Chromgelbinjectionen und dann bei den Chromgelb-Berlinerblau-Injectionen von dem Arteriensystem ins Venensystem hinüberlief.

Erst nach Sichtung der aufgezählten Ergebnisse, nach der Feststellung, dass wir es hier nicht mit der Injection eines nutritiven Gefässsystemes zu thun haben, sondern mit der Injection des Venensystems, treten wir an die Frage heran: Auf welchen Wegen war die in die Arterien eingespritzte Injectionsmasse in die Venen gelangt?

Es war mir bei den zahlreichen Injectionen denn doch aufgefallen, dass stets die Vasa efferentia und die Capillargefässe, in welche dieselben übergehen, so vollständig leer waren, dass ich kaum annehmen konnte, dass wir hiebei an ein gewöhnliches Abfliessen der Masse aus den feineren Gefässen in die gröberen zu denken haben. Es würde doch wohl, wenn Vasa efferentia und jene Capillargefässe überhaupt gefüllt gewesen wären, irgendwo einmal etwas Chromgelb liegen geblieben sein, was den Weg anzeigte, den das übrige gegangen war.

Zur weiteren Prüfung dieser Frage wurde folgende Reihe von Versuchen vorgenommen. Ich fällte eine verdünnte Chlorcalciumlösung heiss durch Oxalsäurelösung; nachdem sich der Niederschlag gesetzt und das Ganze erkaltet war, wusch ich reichlich mit Wasser aus, filtrirte, trocknete und mengte dann mit Leim. Bei der mikroskopischen Untersuchung des gewonnenen Niederschlages zeigten sich die Krystalle (Calciumoxalat) im Ganzen von sehr gleichmässiger Grösse. Die arterielle Einspritzung mit dieser Masse ergab nachstehenden Befund:

Kein einziger Glomerulus war injicirt, nur wenige Vasa afferentia und diese nicht von ihrem Abgang bis zur Müller'schen Kapsel, sondern blos in ihren Anfängen. Aber auch in diesen Nieren verliefen neben aufsteigenden Arterienstämmchen locker gefüllte Venen, in welchen die Masse gleichfalls nur in das allergröbste Geäst der Rinde und Grenzschicht hineinreichte. Hienach konnte ich, ohne den Thatsachen Gewalt anzuthun, nicht mehr glauben, die Venen durch die Glomeruli und die Capillargefässe hindurch injicirt zu haben. Denn, wenn sonst nirgends, so würde doch wohl in den Glomeruli etwas von den leicht kenntlichen Krystallen liegen geblieben sein.

Um mir eine definitive Überzeugung zu verschaffen, musste ich jetzt Körper injiciren, welche ihres Durchmessers wegen geradezu nicht durch die Gefässe des Glomerulus und die Capillaren hindurch gehen konnten.

Ich wählte hiezu das sogenannte *Semen lycopodii*, wie es in den Apotheken käuflich ist. Unter dem Mikroskope erschienen die characteristisch gestalteten Lycopodiumkörperchen von nahezu constanter Grösse mit einem Durchmesser von 29—32 μ.

Eine Quantität dieses Samens machte ich, um sie zu benetzen, mit wenig Weingeist an, verdünnte mit 1% Chlornatriumlösung und injicirte dieses Gemisch in die Arterie einer frischen Menschenniere: In den Venen fanden sich vereinzelte Lycopodiumkörnchen.

Dieses Resultat forderte zu neuen Versuchen auf.

Um den Injectionsdruck besser beurtheilen zu können, liess ich eine solche Lycopodiumflüssigkeit aus einer 80 Ctm. hohen Glasröhre durch einen verbindenden Kautschukschlauch in eine in die Arterie eingebundene Glaskanüle einströmen. Die aus der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Vene, welche auch mit einer Kanüle versehen war, abfliessende Flüssigkeit wurde untersucht und darin Lycopodiumkörnchen gefunden. Nach etwa einer halben Stunde wurde die Glasröhre gesperrt, die Vene am Hilus unterbunden, abgeschnitten und nun gut gewaschen auf den Objectträger gebracht; dann wurde sie aufgeschnitten, auseinander gelegt und mit einem Deckglas bedeckt: An der Intima hafteten Lycopodiumkörperchen bald vereinzelt, bald zahlreich beisammen.

Ich wünschte nun noch Experimente zu machen, bei denen keine andere vis a tergo wirkte als der Blutdruck des lebenden Thieres.

Das Gemisch von Chlornatriumlösung und Lycopodium, welches bei diesen Versuchen in Verwendung kommen sollte, war in einer von der früheren etwas abweichenden Weise dargestellt worden.

Ich machte etwa einen Löffel Lycopodiumsamen mit sehr wenig Weingeist zu einem gleichmässigen Brei an, verdünnte mit einer grossen Menge 1% Chlornatriumlösung, erwärmte so lang auf dem Wasserbad, bis, nach dem Geruche zu urtheilen, aller Weingeist entwichen und corrigirte die Lösung durch Wasser wieder auf den Chlornatriumgehalt von 1%. Unmittelbar vor dem Gebrauche wurde diese Lycopodiumflüssigkeit auf 38—40° erwärmt und dann eine kleine Spritze voll stromaufwärts in die präparirte linke Carotis des narcotisirten Thieres sehr langsam injicirt.

In dem Momente, wo das Thier (Kaninchen oder Meerschweinchen) zu athmen aufhörte, beendigte ich sofort die Einspritzung. Nach mehreren Stunden wurden die Thiere eröffnet, die Nieren herausgenommen und in Alkohol gelegt.

In den durch Nelkenöl aufgehellten Schnitten zeigten sich nur die vom Hilus aufsteigenden stärksten Arterienstämmchen mit Lycopodium reichlich gefüllt, die Arcus arteriosi waren schon ärmer an Samen und in der Art. glomeruliferae lagen die Körnchen nur mehr zerstreut, vereinzelt; in den Vasa afferentia und Glomeruli war selbstverständlich keine Spur zu sehen. Nach einigem Suchen fand ich auch in den breitesten Venen einzelne Körnchen im Blutgerinnsel eingebettet.

Es ist klar, dass bei diesen Versuchen die Lycopodiumkörperchen im Allgemeinen nicht vom Stamm gegen die Äste, sondern wegen des herrschenden Blutstromes von den Ästen gegen den Stamm getragen werden mussten. In der That habe ich auch die Körnchen nur in den grösseren Venenstämmchen gefunden.

Bei der Untersuchung vorliegender Präparate konnte ein Zufall zu einer Täuschung Anlass geben. Es wurden nämlich — wohl sehr selten — durch den Schnitt Samen aus einer Arterie in ein Venenlumen gezerrt; diese Körperchen als eingeschleppt zu erkennen, fiel jedoch nicht schwer: denn sie hafteten nicht am Blutcoagulum. Das Lycopodium hingegen, das durch den Blutstrom in die Vene gerieth, sass fest im Gerinnsel; die Blutkörperchen fingen sich in den vorspringenden Leistchen der Lycopodiumhüllen; beim Drehen der Stellschraube sah man über diesem Lycopodium und unter demselben eine Blutschichte; am meisten überzeugten jene Präparate, bei welchen das Blutgerinnsel der Venen durchsetzt war von vielen Fibrinfasern, die die Körnchen umstrickten.

Eine letzte Reihe von Thierexperimenten endlich stellte physiologische Versuche in einfachster Form dar.

Hunde wurden — wie auch die Thiere bei den vorigen Experimenten — wie zu einer Vivisection aufgebunden und mit Morphium narkotisirt. Nachdem wieder die linke Carotis präparirt und mit der Canüle versehen war, wurden die Bauchdecken der Länge und Breite nach bei bestmöglicher Vermeidung des Blutverlustes eröffnet, die Vena renalis der linken Niere aus dem Fette freigelegt und eine Glaskanüle in sie eingebunden. Dieselbe war durch ein kurzes Stückchen Gummischlauch mit einer gekrümmten Glasröhre in Verbindung. Nach diesen Vorbereitungen wurde eine vorgewärmte Flüssigkeit von gleicher Gattung, wie sie bei der eben beschriebenen Reihe von Thierexperimenten in Gebrauch kam, in die Carotis stromaufwärts, ganz langsam injicirt, nachdem unmittelbar zuvor die Klemme vom Hilustheil der Vene entfernt war. Nun stieg das Blut in die Glasröhre hinein und träufelte in ein untergehaltenes Schälchen. Nach Einspritzung von etwa 25—30 CC. der Lycopodiumflüssigkeit hörte das Thier auf zu athmen und starb. Während des Abtröpfelns

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wurde das Blut mit einem zuvor ausgeglühten Glasstabe geschlagen, das Schälchen sodann bedeckt und in ein anderes Zimmer gebracht. Bei der Möglichkeit, dass trockenes, im Zimmer herumfliegendes Lycopodium zu Täuschungen führen könnte, habe ich die Masse stets in einem entfernten Raume bereitet, so dass sie erst im fertigen Zustande in das Operationszimmer kam. Ferner waren die verschiedenen Aufgaben beim Experimentiren so vertheilt, dass der Eine operirte, der Andere einspritzte und ein Dritter das Venenblut auffing. Auf diese Weise konnte letzteres weder mit anderem Blute und blutigen Instrumenten noch mit der Lycopodiumflüssigkeit in Berührung kommen. Bei der Durchsuchung der erhaltenen Blutmenge nahm ich jedesmal neue Nadeln, frische Objectträger und Deckgläschen.

Ich fand sowohl in der Blutflüssigkeit, die ich tropfenweise untersuchte, als auch in den Fibrinklümpchen, die ich zerzupfte, Lycopodiumkörperchen zerstreut; im Fibrin sah ich sie bald einzeln, bald zu mehreren beisammen in das Faserwerk eingebettet.

Indess muss ich bemerken, dass es mir bei zweien dieser letzten Experimente, bei denen in Folge des geringen Venendruckes nur sehr wenig Blut in die Glasröhe hineinstieg, nicht gelang, in demselben Körnchen nachzuweisen, dass ich aber auch in diesen Fällen einzelne auf der Intima der anderen Nierenvene vorfand.

Ich werde durch diese Versuchsresultate zur Annahme gedrängt, dass es nicht näher bekannte Communicationen gebe, welche aus den Arterien in die Venen hinüberführen und deren Durchmesser grösser ist als der der Capillaren und der schlingenförmigen Gefässe des Glomerulus. Derlei sogenannte directe Übergänge aus dem Arteriensysteme ins Venensystem sind an verschiedenen Orten so oft vermuthet worden, ohne dass sie sich hinterher wirklich gefunden hätten, dass ich an die Annahme derselben mit natürlichem Misstrauen gegangen bin; und ich bin auch jeden Augenblick bereit, diese Annahme wieder aufzugeben, sobald eine plausiblere Erklärung für den Übergang der Lycopodiumkörner aus den Arterien in die Venen gefunden sein wird.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Vorläufig aber müssen wir mit dieser Annahme rechnen und uns fragen, welche Bedeutung solche Communicationen etwa für die Harnsekretion haben könnten.

Diese hängt bekanntlich in deutlicher Weise vom Nervensysteme ab. Der erste Gedanke ist nun der, dass solche Verbindungsgefässe, die einen beträchtlichen Theil des Blutes in die Venen überleiten würden, ohne dass dasselbe durch die Glomeruli geht, sich durch Muskelcontraction verengern, dadurch das Blut den Glomeruli zutreiben und hiedurch die Harnsekretion vermehren. Diese Vorstellung ist aber kaum haltbar. Abeles[1] hat in seinen Versuchen, bei denen er durch die Niere des eben getödteten Thieres harnstoffhaltiges Blut leitete, gefunden, dass die Harnsekretion eintrat, wenn bei gleichem Drucke das Blut reichlicher zur Nierenvene ausfloss. Durch blosse Verengerung jener Communicationen würde zwar der Blutzufluss zu den Glomeruli gesteigert werden, aber es müsste doch in der Zeiteinheit weniger Blut zur Nierenvene ausfliessen. Einseitig auf eine Contraction solcher Communicationsgefässe wird sich also die Steigerung der Harnsekretion kaum zurückführen lassen. Wenn das Blut reichlich zur Nierenvene ausfliessen soll, so kann dies nur auf zweierlei Weise geschehen: Entweder dadurch, dass diese Communicationen sich erweitern, oder, dass die Art. glomeruliferae sich erweitern. Es wäre nun nicht undenkbar, dass die Art. glomeruliferae in ihrem Contractionszustande sehr grossen Schwankungen unterworfen wären, so dass zeitweise sehr wenig Blut durch die Glomeruli hindurchginge und dann doch, Dank jenen Communicationen, dem Blute ein Weg durch die Niere bliebe und auch die Füllung des Capillarsystems nicht ausschliesslich von dem Zuflusse aus den Vasa efferentia der Glomeruli abhängig wäre.

Bei der Frage nach den directen Communicationen zwischen Arterien und Venen muss noch daran erinnert werden, dass es längst bekannt ist, dass das Blut aus der Niere heller als aus anderen Organen zurückkommt, was begreiflicherweise durch solche Communicationen seine selbstverständliche Erklärung finden muss.

Ferner glaube ich auch, in jenen Communicationen den Grund zu erkennen dafür, dass in der Regel bei arteriellen

[1] Abeles, diese Berichte. LXXXVII. Bd. III. Abth., pag. 197.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Chromgelb-Injectionen nach vorhergegangenen venösen Zinnober-Injectionen in den grösseren Venen die in die Arterie gespritzte Injectionsmasse röhrenförmige Hüllen um die in die Vene eingespritzte Masse bildete; auch da, wo in den kleineren Venen nichts von der in die Arterie gespritzten Masse zu sehen war.

Von einem eigenen arteriellen nutritiven Gefässsysteme der Marksubstanz oder beider Substanzen habe ich mich, wie aus den Ergebnissen meiner Arbeit ersichtlich ist, nicht überzeugen können.

Übergehend zu den Studien über Verhältnisse des Venensystems in der Menschenniere, will ich erstens auf ein regelmässiges Vorkommen aufmerksam machen, das bei allen Injectionen mit gröberen Massen zur Beobachtung kommt. Man sieht nämlich sehr häufig, wie grössere Venen bald seichtere, bald tiefere Rinnen bilden, in welche eingesenkt die Arterien liegen. Taf. II, Fig. 2 zeigt die Ramification einer Art. glomerulifera und der ihr zugehörigen Vene.

In den höheren Rindenschichten ziehen Venenzweigchen neben Arterienzweigchen in parallelem Verlaufe, aber getrennt von einander. In den mittleren Partien rücken die Venenäste schon nahe an die Arterienäste heran, klettern an denselben rankenartig hinunter und treten in der Grenzschichte angelangt in ein rinnenförmiges Venenstämmchen ein, in welches, wie in eine Hohlkehle, das Arterienstämmchen eingepasst ist; anderseits münden in diese Rinnen, vom Marke kommend, Venenbüschel und einzelne Venulae rectae. In ganz ähnlicher Weise verhält sich den Arterien gegenüber die Mehrzahl der Venen. Ich begegnete diesen Rinnen an der Grenzschichte als Arcus venosi, zwischen den Pyramiden in den Columnae Bertini, sowie auch in dem Gefässconvolute des Hilus; und zwar in einigen Fällen auch ohne dass die in ihr liegende Arterie injicirt war. An Querschnitten (vgl. Taf. III, Fig. 3) konnte ich mich leicht überzeugen, in welchem Umfange jedesmal die Arterie von der Vene umfasst war.

Zweitens habe ich sehr dicke Schnitte von Nieren, deren Venen mit Chromgelb-Leimmasse gefüllt waren, untersucht, um

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mir eine richtige Vorstellung zu bilden von der Art und Weise, wie die Rindenvenen entspringen.

Nach der Beschreibung von Ludwig[1], Henle[2] u. A. entstehen die Rindenvenen dadurch, dass mehrere Wurzeln, die ihr Blut aus dem unmittelbar unter der Tunica fibrosa gelegenen Capillarnetz gesammelt, in der äussersten „der Gefässknäuel entbehrenden" Rindenschichte sternförmig zusammenstrahlen und eine Stellula Verheyenii bilden, aus deren Mittelpunkt ein in die Tiefe dringendes Stämmchen austritt.

Taf. III, Fig. 4 zeigt nun eines der Bilder, wie ich solche durchwegs in meinen dicken Präparaten antraf. Es sammeln sich zahlreiche Wurzeln, bereits 3 Mm. unter der Oberfläche, zu gestreckten Gefässchen (Venulae rectae corticales), die nach senkrecht aufstrebendem, bald kürzerem, bald längerem Verlaufe in die oberflächlichsten, horizontalen Wurzeln einmünden. Mit diesen zu dicken Wurzeln vereint, treten sie unter der Kapsel in einem Punkte zum Venenstämmchen zusammen. Das Einstrahlen der Venulae rectae corticales in die oberflächlichen Wurzeln und durch diese in die Vene geschieht ganz analog der Weise, wie in gleicher Höhe die aufsteigenden Schlingenschenkel der Harnkanälchen durch die Schaltstücke in das Sammelrohr übergehen. Diese Venulae klettern an den knäueltragenden Ästchen ebenso hinauf, wie die aus ihnen hervorgehenden Venenstämmchen an den Art. glomeruliferae hinabklettern.

Aus dem geschilderten Verhalten geht hervor, dass die Rindenvene nicht allein aus jenem Sterne entspringt, sondern vielmehr aus Quasten, aus weit in die Rinde hineinhängenden Gefässbüscheln und dass somit die Stellula Verheyenii nur den Oberflächenanblick des ganzen Ursprungsgebietes der Vene darstellt.

Ferner ergibt sich hiebei eine Analogie zwischen der Art und Weise, wie sich die Venen an der Oberfläche der Pyramiden und an der Oberfläche der Rinde sammeln. Dort wie hier gehen sie aus gestreckten Büscheln hervor, die sich wieder aus einzelnen parallelen Reisern, im Marke aus den Venulae rectae medul-

---

[1] Ludwig, Stricker's Gewebelehre I. Bd., pag. 502.
[2] Henle. Eingeweidelehre. 2. Heft, pag. 331.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

lares, in der Rinde aus den Venulae rectae corticales zusammensetzen (vergl. Fig. 1 *e* und Fig. 2 *g* mit Fig. 4).

Betreffs der Venulae rectae medullares habe ich zu bemerken, dass sie nicht ausschliesslich in den concaven Rand der Arcus venosi einstrahlen, wie das gewöhnlich angenommen und abgebildet wird, sondern dass sie sehr oft in den convexen Rand derselben einbiegen (Fig. 1 *e'*) oder eine Strecke weit in die Corticalis hinaufziehen, um erst da in die Rindenvenen zu münden. (Fig. 1 *e''* und Fig. 2 *e''*).

Mit der Streckung der Harnkanälchen erfolgt nach Schweigger — Seidel (siehe oben) beim Wachsthum des Organs zugleich eine Streckung der Blutgefässe. Auf diese Entwicklungsvorgänge dürften gewiss neben vielen anderen Eigenthümlichkeiten, auch diese Ursprungsweise der Rindenvenen und Bildung der Venulae rectae zurückgeführt werden.

Endlich drittens gelang es mir, in den peripherischen Schichten der Rinde kleine Gefässchen darzustellen (Taf. I, Fig. 5), die sich in der Umgebung der hoch gelegenen Glomeruli sammeln, kleine Stämmchen bilden, mit diesen die Tunica fibrosa durchbrechen, auf derselben fortziehen oder in die Capsula adiposa sich einlagern. Die Breite dieser direct durch die Kapsel ausgetretenen Stämmchen schwankt zwischen 0·09—0·11 Mm. Die venöse Beschaffenheit ihrer Wandung ist leicht erkenntlich. Dass diese kleinen Venen auf Schnitten schwerer zur Beobachtung gelangen, hat wohl darin seine Erklärung, dass es vom Zufall abhängt, die noch in der Substanz verlaufenden Stämmchen mit den schon ausgetretenen in Zusammenhang zu finden. Dagegen sieht man an Injectionspräparaten sehr häufig, dass beim Abziehen der Kapsel diese Venulae sich spannen und hierauf abreissen.

Aus diesen Befunden ergibt sich, dass dem Blute der höheren Rindenschichten, abgesehen von den büscheltragenden Venen, den Bahnen durch das Parenchym zum Hilus, noch ein anderer kürzerer Ausweg offen steht in den kleinen, direct zur Kapsel austretenden Venen.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Erklärung der Tafeln.

Taf. I, Fig. 1. Chromgelbinjection von der Arterie aus.

a Arcus venosus.

b Art. glomerulifera.

c Venenast vom Marke kommend; setzt sich zusammen aus Venulae rectae *e*, die bei *g* Büschel bilden.

Venulae rectae, die in den convexen Rand der Arcus venosi einbiegen.

e'' Venulae rectae, die aus dem Mark in die Corticalis aufsteigen und in Rindenvenen münden.

d Rindenvenen.

Taf. II, Fig. 2. Chromgelbinjection von der Arterie aus. Berlinerblauinjection von der Vene aus.

a Vene (0·52 Mm.) mit blauer Randzone; bildet um *b*, Art. glomerulifera, eine Rinne.

e Venulae rectae, die in die Rinne münden und bei *g* Büschel bilden; theils durch die erste arterielle, theils durch die zweite venöse Injection gefüllt.

Venulae rectae, die in die Corticalis aufsteigen und in einen Venenast der Rinde münden.

Taf. III, Fig. 3. Chromgelbinjection von der Arterie aus; die Injectionsmasse grau angedeutet; Querschnitt.

a Rinnenförmige Vene, *b* Arterie, 28fache Vergrösserung.

Taf. III, Fig. 4. Chromgelbinjection von der Vene aus, 25fache Vergrösserung. Ursprung und Ursprungsgebiet einer Rindenvene.

v Venulae rectae corticales (0·14—0·17 Mm. breit) münden auf allen Seiten in die oberflächlichsten Wurzeln. Mitten aus dem herabhangenden Gefässbüschel geht unter der Kapsel *c* bei *a* die Rindenvene hervor.

e Venula, die aus der Grenzschicht heraufsteigt.

Taf. I, Fig. 5. 60fache Vergrösserung; kleine, direct austretende Vene mit ihrem Quellgebiet in der Umgebung von Glomeruli.

a Stämmchen, welches bei *b* die Kapsel durchbricht und auf der Tunica fibrosa *c* weiter verläuft.

Anmerkung. Bei der Aufnahme der Zeichnungen war es hie und da nöthig, die Schnitte umzuwenden, um durch Betrachtung beider Flächen die stereoskopischen Verhältnisse besser zu überblicken.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

www.biologiezentrum.at

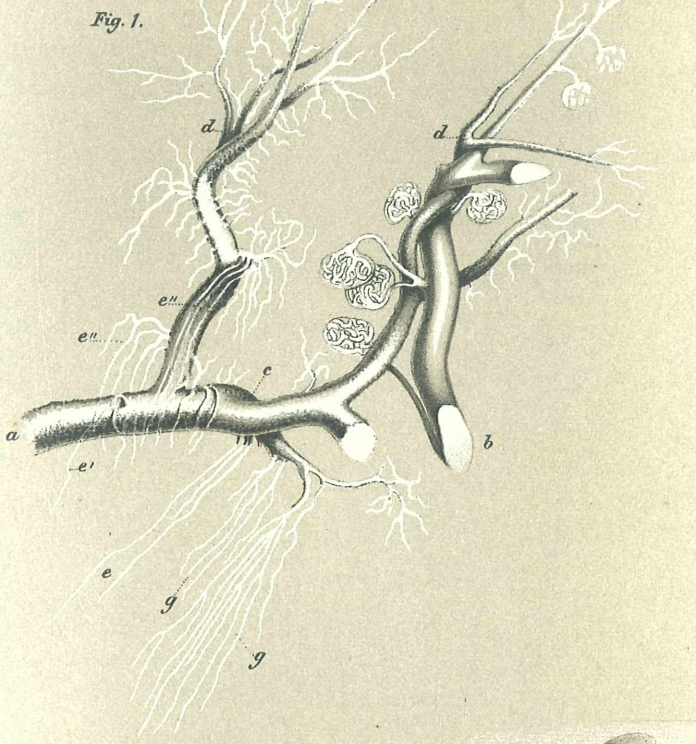

Fig. 1.

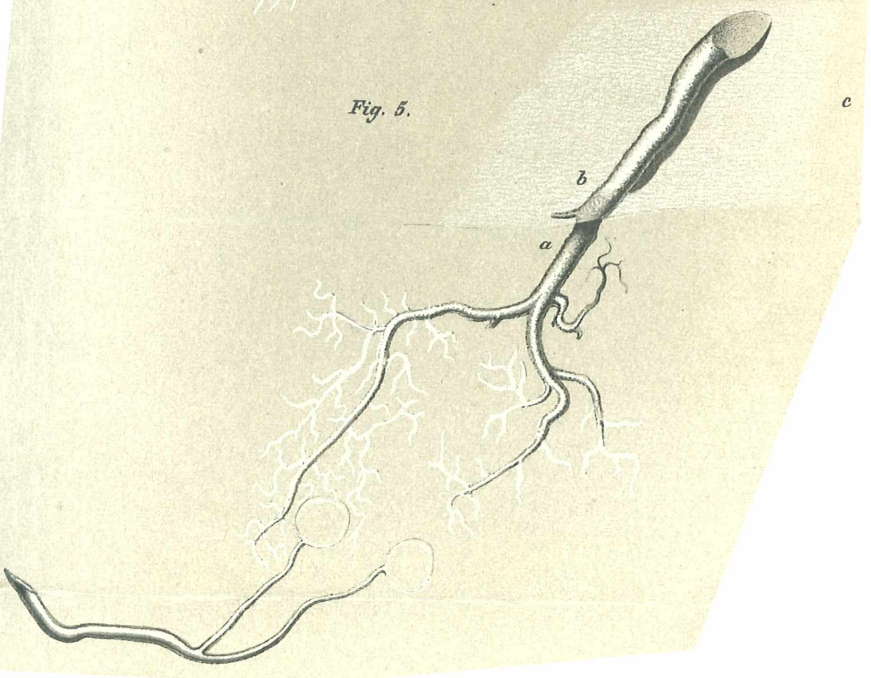

Fig. 5.

Lith Anst v. Th. Bannwarth, Wien.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 2.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth

Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiss. math. naturw. Classe, XC. Bd. III. Abth. 1884.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

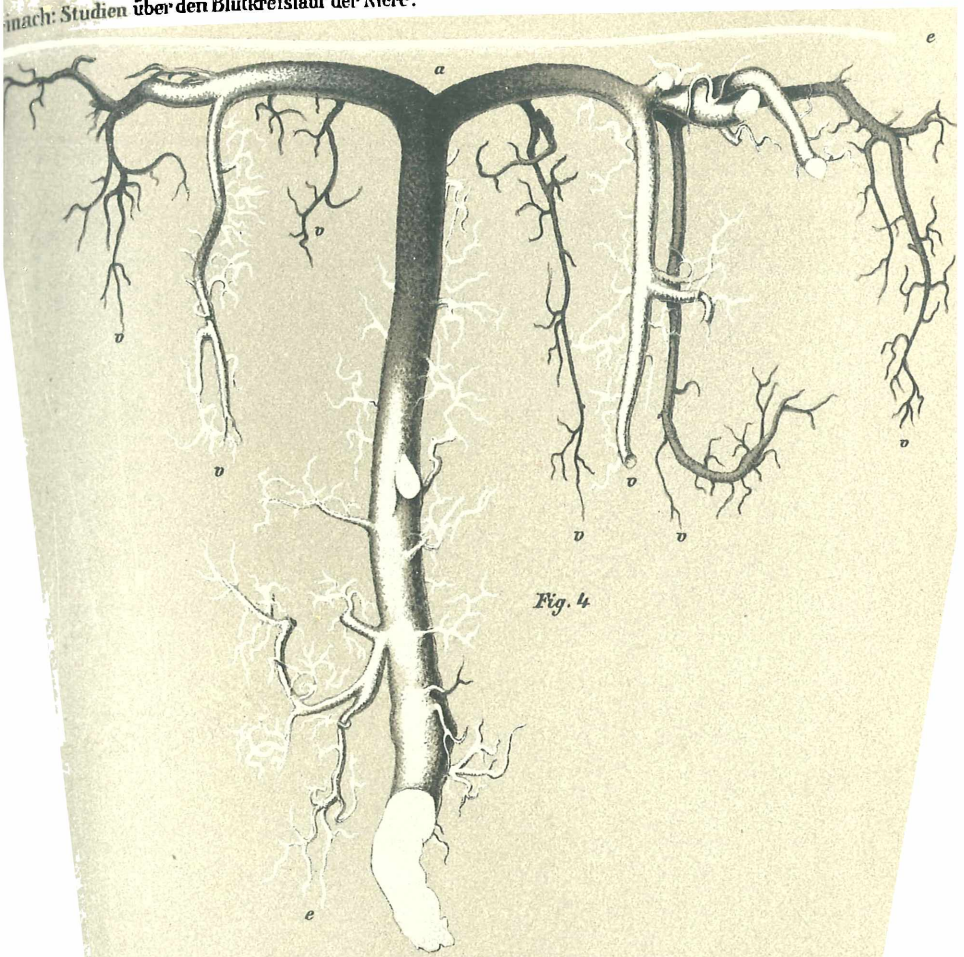

Fig. 4
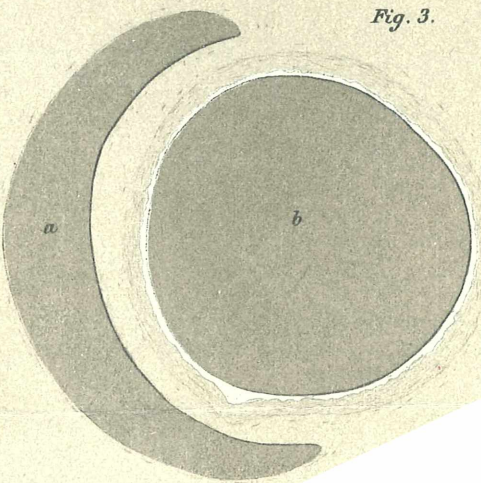
Fig. 3.